

الزيج الصابى للبنانى

بمّتم
الدكتور إمام إبراهيم أحمد

أستاذ مساعد - كلية العلوم بجامعة القاهرة

مقدمة

مختصر الكتاب ، ثم أمر بترجمته إلى اللغة العربية . وبعد أن تمت الترجمة ، حرف العرب إسمه إلى « السندهند » لسهولة من جهة ورمزه إلى البلاد التي جاء منها من جهة أخرى - وأصبح ذلك المرجع نبزاً يسير على هديه علماء الفلك العرب مدى نصف قرن أو أكثر .

وأخذت حركة الترجمة بعد ذلك تزداد وتنشط ، وسافر الوكلاء إلى الدول الأخرى يجمعون المخطوطات العلمية النادرة في الفلك والرياضة وشتى فروع العلم . وكانت الترجمة في كثير من الأحوال تتم في خطوتين : فثلاً من اليونانية إلى الفارسية ومنها إلى العربية ، أو من الهندية إلى الفارسية إلى العربية . وفي بعض المراجع الهامة كانت ترجمة المرجع الواحد تسير في طريقين متوازيين أحدهما من اللغة الأصلية إلى العربية مباشرة والأخرى من الترجمة الفارسية إلى العربية ثم تعقد مقارنة بين الاثنين للتأكد من دقة الترجمة .

ومن المراجع التي كان لها أثر كبير عند العرب - بالإضافة إلى كتاب السندهند - نجد كتاب (المحسطى) لبطليموس ، وزيج الشاه ، وزيج بطليموس وغيرها .

في أواخر القرن التاسع الميلادي كانت النهضة العلمية عند العرب قد ناهزت من العمر نحو قرن واحد من الزمان ، وإن شئنا أن نتحرى الدقة اقتطعنا من هذه الفترة ما بين عشرين وثلاثين عاماً لم تكن النهضة فيها سائرة في طريق إيجائي بل هي فترة وضع الأساس الذي عليه بنى صرحها .

ففي عام ٧٦٧ ميلادية ، جاء إلى بغداد وفد من السند لمقابلة الخليفة المنصور^(١) وكان بين أعضائه عالم فلكي يدعى « كانكاه » يحمل معه مرجعاً هاماً في علم الفلك اسمه « سدهانت »^(٢) فطلب منه المنصور إملاء

(١) أبو جعفر عبدالله المنصور - تولى الخلافة من ٧٥٤ م حتى وفاته عام ٧٧٥ م . حفل عهده بترجمة كثير من الكتب من اللغات المريانية والفارسية واليونانية والهندية .

(٢) الاسم الكامل للكتاب هو (براهمسپتد هانت) ومعناه كتاب الهيئة المصحح المنسوب إلى براهم - انظر : علم الفلك ، تاريخه عند العرب في القرون الوسطى لكارلو نلينو ص ١٤٩ . وفي الحقيقة يوجد خمسة كتب هندية تحمل اسم (سدهانت) هي : سورياسدهانت ، بايتاها سدهانت ، فاسطها سدهانت ، باوليزا سدهانت وأخيراً روما كاسدهانت - انظر

Introduction to the History of Science, Vol. I, p. 386, by G. Sarton.

ولكن السندهند والمجسطى كان لهما القدر المعلى في هذا الشأن .

وفي عهد المأمون^(١)، أنشئت في بغداد أكاديمية علمية اسمها بيت الحكمة ، وألحقت بها مكتبة ضخمة ومرصد تم بناؤه تحت إشراف سند بن علي^(٢) رئيس الفلكيين في ذلك الوقت ، وبالإضافة إلى ذلك أقيم مرصد آخر في سهل تلمر^(٣) . وقد عززت هذه المراصد بأجهزة فلكية تشبه الآلات الأجنبية ، ولكن تفوقها في الدقة . . . وهذه الأجهزة من صنع نخبة من العلماء على رأسهم علي بن عيسى الأسطرلابي^(٤) ، الذي اشتهر بذلك الاسم لبراعته في صناعة هذا الجهاز الفلكي ، وأبو علي يحيى بن أبي منصور^(٥) الذي زاد في دقة قراءة أجهزة الأرصاد بتقسيم درجاتها إلى ستة أجزاء حتى يمكن تحديد الجزء من الدرجة بدلا من تقديره بالتقريب .

وباقامة مرصد بغداد ، بدأ سير العرب في الطريق الإنجابي نحو نهضة علم الفلك ، فاجتمع في ذلك المرصد حشد من كبار العلماء ، دأبوا على تسجيل أرصاد لمختلف الظواهر الفلكية بصفة مستمرة ، وذلك لأول مرة في تاريخ علم الفلك . وكانت تلك الأرصاد تؤخذ بطريقة جماعية حتى أصبح من أشق الأمور علينا المقارنة بين هذا وذاك إلا بالمولفات الخاصة لكل منهم .

(١) الخليفة العباسي عبدالله المأمون تولى الخلافة من ٨١٣ م إلى ٨٣٣ م .

(٢) أبو الطيب سند بن علي عاش أيام المأمون وتوفي بعد عام ٨٦٤ . عالم فلكي ورياضي .

(٣) السهل المحيط بمدينة (الميرا) الواقعة بين صفين ودمشق . انظر : الأطلس التاريخي للعالم الإسلامي في العصور الوسطى للدكتور عبد المنعم ماجد وعلى البناء . . خرائط رقم ١ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٨ .

(٤) عاش في بغداد ومات في دمشق بين عامي ٨٣٠ ، ٨٣٢ م اشترك في قياس محيط الأرض أيام المأمون .

(٥) من أصل فارسي . توفي عام ٨٣١ م في حلب .

وبعد مضي أقل من نصف قرن على بدء البحوث الفلكية في مرصد المأمون ، ولد البتاني الذي ما لبث أن أصبح أعظم علماء عصره ، وأحد أعلام الفلك عند العرب . وكان كتابه (الزيج الصابئ) أحد المراجع العربية الرئيسية التي انتشرت في أوروبا بعد ذلك نظراً لما احتواه من أرصاد دقيقة واسعة المدى وما تضمنه من بيانات فلكية هامة .

ونود أن نوضح هنا معنى كلمة (الزيج) وأصلها . ففى معناها قال ابن خلدون في مقدمته^(١) :

«ومن فروع علم الهيئة علم الأرياج . وهى صناعة حسابية على قوانين عديدة فيما يخص كل كوكب من طريق حركته ، وما أدى إلى برهان الهيئة في وضعه من سرعة وبطء واستقامة ورجوع^(٢) وغير ذلك مما يعرف به مواضع الكواكب في أفلاكها لأى وقت فرض من قبل حسابان حركاتها ، على تلك القوانين المستخرجة من كتب الهيئة . ولهذا الصناعة قوانين في معرفة الشهور والأيام والتواريخ الماضية وأصول متقررة في معرفة الأوج والحضيض^(٣) والميول وأصناف الحركات ، واستخراج بعضها من بعض ، يضعونها في جداول مرتبة تسهيلا على المتعاملين وتسمى الأرياج .

البتاني

أبو عبدالله محمد بن جابر بن سنان البتاني الحراني ، ولد في بتان من نواحي حران وهى مدينة واقعة على

(١) انظر : مقدمة ابن خلدون طبعة المعارف ص ٥٨٥ ، تراث العرب العلمى في الرياضيات والفلك لقدرى حافظ طوقان الطبعة الثالثة ص ١٣٦ .

(٢) يغير الكوكب موقعه بين النجوم من ليلة إلى أخرى وتكون حركته في اتجاه واحد فتسمى الحركة المستقيمة ، ثم لا يلبث أن يغير اتجاه الحركة عائداً إلى الناحية المضادة وذلك هو الرجوع . ويرجع ذلك إلى حركة كل من الكوكب والأرض حول الشمس .

(٣) الأوج أبعد نقط الكوكب عن الأرض ، والحضيض أقربها .

نهر البليخ أحد روافد نهر الفرات بالعراق يقابله قرب مدينة الرقة^(١). وتاريخ مولده موضع جدال بين العلماء والمؤرخين . فيقول سارتون^(٢) إن ذلك كان قبل عام ٢٤٤ هـ (٨٥٨ م) ، بينما جاء في «دائرة المعارف لوجدى»^(٣) أن البتاني ولد سنة ٢٤٠ هـ (٨٥٤ م) ويقول «بول» في كتابه «مختصر تاريخ الرياضيات»^(٤) إنه ولد سنة ٢٦٤ هـ (٨٧٧ م) ولعله خلط بين تاريخ ولادته وتاريخ بداية أرصاده الفلكية . أما كتاب «آثار باقية لصالح زكى» فيقول «إن تاريخ ولادة البتاني غير معروف ، إلا أن هناك ما يجعلنا نعتقد أنه ولد بعد عام ٢٣٥ هـ» .

وإن كان ثمة شك في تاريخ مولده ، فإن تاريخ وفاته لا جدال فيه — وقد أجمع المؤرخون على أن ذلك كان عام ٣١٧ هـ (٩٢٩ م) . . . أما مكان وفاته فيقول عنه قدرى طوقان في تراث العرب العلمى نقلاً عن الفهرست لابن النديم^(٥) «وكانت وفاته سنة ٣١٧ هـ ٩٢٩ م في طريقه بقصر الجص ، عند رجوعه من بغداد حيث كان مع بنى الزيات من أهل الرقة في ظلمات لهم . وقصر الجص هو قصر عظيم بناه المعتصم^(٦) قرب سامراء^(٧) . أما ابن خلكان^(٨) في كتابه وفيات الأعيان

(١) انظر الأطلس التاريخى للعالم الإسلامى فى العصور الوسطى —

خريطة ٤ ، ٨ .

(٢) Introduction to the History of Science, (٢) Vol. I, page 602.

(٣) انظر تراث العرب العلمى لقدري حافظ طوقان — الطبعة

الثالثة ص ٢٤٢ .

(٤) A Short History of Mathematics, by (٤) Ball.

(٥) أبو الفرج محمد بن اسحق الوراق البغدادى المعروف بأبى يعقوب النديم . ترجمة حياته غير معروفة ولكنه ألف كتابه عام ٣٧٧ هـ (٩٨٧ م) .

(٦) الخليفة العباسى الثامن ، تولى الخلافة بعد المأمون من ٨٣٣ م

إلى ٨٤٢ م .

(٧) هى مدينة سرمن رأى على نهر دجلة شمالى بغداد .

(٨) المتوفى عام ٦٨١ هـ (١٢٨٢ م) .

فيقول «توفى البتاني عند رجوعه من بغداد فى موضع يقال له الحضرة . . . والحضر مدينة قائمة بالقرب من الموصل ومن تكريت^(١) بين دجلة والفرات فى البرية» وقال ياقوت الحموى^(٢) فى كتابه «المشترك وضعاً والمختلف صقلاً» : قصر الحضرة بقرب سامراء من أبنية المعتصم . أما سارتون فى «مقدمة لتاريخ العلم» فقد اكتفى بالإشارة إلى وفاته بالقرب من سرمن رأى (سامراء) .

عاش البتاني حياته العلمية بين الرقة على الفرات وأنطاكية فى سوريا حيث أنشئ مرصد باسم (مرصد البتاني) . وعكف فى البداية — كغيره من العلماء العرب — على دراسة مؤلفات من سبقوه وعلى الأخص كتابى السندهند والمجسطى ، وفى ذلك يقول ودل بطليموس إنه «قد تقصى علم الفلك من وجوهه ودل على العلل والأسباب العارضة فيه بالبرهان الهندسى والعهدى الذى لا تدفع صحته ولا يشك فى حقيقته ، فأمر بالحنة والاعتبار بعده وذكر أنه قد يجوز أن يستدرك عليه فى أرصاده على طول الزمان كما استدرك هو على إبرخس^(٣) وغيره من نظرائه لجلالة الصناعة ولأنها سائية لا تدرك إلا بالتقريب»^(٤) .

وما لبث البتاني أن دخل ميدان البحوث فى الفلك والمثلثات والجبر والهندسة والجغرافيا ، فامتاز على غيره بمواهبه حتى أن علماء أوروبا وضعوه فى الصف الأول من الفلكيين . وقد أشار «كاجورى» إلى ذلك فى كتاب «تاريخ الرياضيات»^(٥) ، كما أن «لاند» بعد

(١) على نهر دجلة شمالى سرمن رأى — انظر الأطلس التاريخى خريطة ٤ .

(٢) المتوفى عام ٦٢٢ هـ (١٢٢٩ م) .

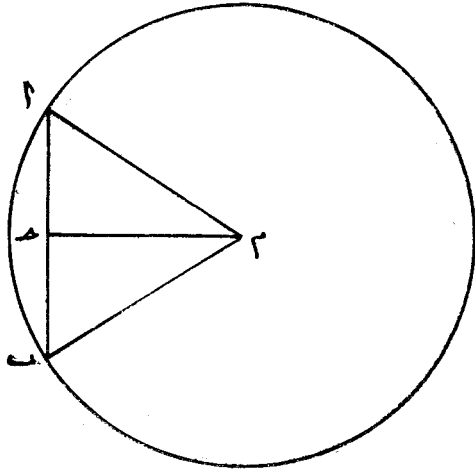
(٣) عا الفلك والرياضة والجغرافيا الأغرقي . نشأ فى جزيرة رودس فى النصف الثانى من القرن الثانى قبل الميلاد ، كما قام ببعض أرصاده فى مدينة الإسكندرية .

(٤) انظر نلليو ص ٢١٥ ، وأيضاً الزيج الصابى للبتاني المطبوع بروما ، الجزء الثالث ، ص ٧ .

(٥) A History of Mathematics, by Cajori. (٥)

٥٤,٥ ثانية في العام^(١)، كما أثبت احتمال حدوث الكسوف الحلقي للشمس^(٢)، ومن أمثلة أرصاده الدقيقة، تلك التي تناولت الكسوف والخسوف والتي اعتمد عليها دنشورن عام ١٧٤٩ م في تحديد تسارع القمر في حركته خلال قرن من الزمن^(٣). أما أهم أرصاده هي تصحيح حركات القمر والكواكب وعمل جداول جديدة لمواقعها بالإضافة إلى تحقيق مواقع عدد كبير من النجوم ضمنها زيجة الشهير الذي اعتمد عليه علماء الفلك لعدة قرون.

وفي مجال الرياضيات يقول سارتون إنه استعمل (الجيب) بدلا من (الوتر) الشائع عند الإغريق وهو يعلم تماماً مدى ميزته على هذا الأخير. فقد كان الإغريق - والعرب من بعدهم - يستعملون أطوال أوتار الدائرة التي تقابل زوايا معينة إبتداء من الصفر إلى



تسعين درجة. والوتر $a \sin b$ المقابل للزاوية $a \sin b$ هو ضعف $a \sin b$ الذي هو بالتعريف الجيب الزاوية $a \sin b$ باعتبار نصف القطر a مساو للوحدة. وكان

(١) القيمة الصحيحة ٥٠,٢ ثانية.

(٢) ينقسم كسوف الشمس إلى ثلاثة أنواع: كسوف كلي يحجب فيه القمر قرص الشمس بأكمله، وكسوف جزئي يحجب فيه جزءاً من الشمس ويترك ما بقي مضيئاً على هيئة هلال، وكسوف حلقي يخفى فيه وسط قرص الشمس ويترك حلقة دائرية منتظمة مضيئة.

(٣) تراث العرب العلمى ص ٢٤٥.

أن أطلع على مآثره عده من العشرين فلكياً المشهورين في العالم كله^(١). وشاركهما في ذلك «سارتون» فوصفه بأنه أعظم فلكي جنسه وزمنه، ومن أعظم علماء الإسلام وله بضع مؤلفات في التنجيم من بينها «شرح أربع مقالات لبطليموس» ولكن أهم أعماله الفلكية هي - الأرصاد التي قام بها إبتداء من سنة ٢٦٤ هـ (٨٧٧ م) وشملت مجالا واسعا لا تنقصه الدقة. فإذا نظرنا مثلاً إلى زاوية الميل الأعظم^(٢) نجده قد رصدها بمدينة الرقة عدة مرات ولم يكتف برصدها مرة واحدة (المعتقد أن ذلك الرصد بين عامي ٢٦٧ هـ، ٢٧٠ هـ)، وذلك بقياس ارتفاع الشمس في الظهيرة عند المنقلبين الصيفي والشتوي فيكون الفرق بين الارتفاعين ضعف الزاوية المطلوبة... وقد وجد قيمة هذه الزاوية ٣٥ ٢٣، وأثبتت الحسابات الحديثة أنه القيمة الصحيحة في أيامه لا تختلف عن ذلك إلا بمقدار دقيقة واحدة - وذلك رغم الآلات البدائية التي كانت تستخدم في القرون الوسطى.

ومن بين أرصاده الأخرى الهامة، قياس موضع أوج الشمس في مسارها الظاهري فوجد أنه قد تغير عما كان عليه أيام بطليموس بمقدار ٤٧° ١٦ في حين كانت قياسات بعض المعاصرين له مطابقة لما وجدته بطليموس. وكان هذا التضارب في النتائج حافزاً لأبي الريحان البيروني، الذي جاء بعده بأكثر من مائة عام، على إعادة الرصد بضع مرات فوجد أن الموضع قد انتقل فعلاً من مكانه وبذلك نادى بحركة أوج الشمس وإن كان البتاني هو المكتشف الأصلي لها.

ومن بين أعماله الفلكية الأخرى، حساب طول السنة الشمسية وأخطأ في حسابه بمقدار دقيقتين، ٢٢ ثانية. وكذلك وجد مقدار تقهقر الإعتدالين

(١) تراث العرب العلمى - قدرى حافظ طوقان ص ٢٤١.

(٢) الزاوية بين المستوى المار بخط الاستواء الأرضي والمستوى

المار بمدار الأرض حول الشمس.

الإغريق يحسبون طول ا ب باعتبار أن $ا م = ٦٠$ (١)، فجاء البتاني وخطا الخطوة الأولى في التحول نحو جداول الجيوب الحديثة فأخذ طول ا ح واعتبره جيئاً للزاوية ا م ح ولكنه أبقى طول ا م كما هو ($٦٠ =$). وكانت الخطوة التالية بعد ذلك للبيرونى فاتخذ ا م مساء للوحدة وبذلك جاءت جداول جيوبه مطابقة للجداول الحديثة بينما القيم عند البتاني هى القيم الحديثة مضروبة فى ستين . وإذا بحثنا عما إذا كان البتاني هو أول من أدخل الجيوب فى الرياضيات ، نجد شيئاً من الاختلاف بين المؤرخين . فيقول نلينو إن لفظ الجيب بمعناه الرياضى مشتق من الاصطلاح الهندى (السفسكرتى) جيف Jiva ، والعرب لما أخذوه عن الهند كتبوه جيت ثم زعموا أنه نفس اللفظ العربى المعروف فنطقوا جيئاً مع عدم العلاقة بين جيب الثياب وذلك الخط المساحى . وفى كتاب « القانون المسعودى » للبيرونى نجد إشارة إلى استخدام الهند للجيوب فى قوله « ا م الوتر بالهندية جيئاً ونصفه جيبارد ، ولكن الهند إذ لم يستعملوا غير أنصاف الأوتار أوقعوا اسم الكل على النصف تخفيفاً فى اللفظ » .

نرى من ذلك أن الهند أول من استعملوا الجيوب ، ولكن (بول) يقول « من المشكوك فيه أن البتاني أخذ ذلك عن الهند » ، بينما يذكر صالح زكى فى كتاب آثار باقية « ليس البتاني أول من أدخل الجيوب واستعملها — كما يدعى الأوروبيون — ومطالعة كتب البتاني تدل على تجديد أدخله المتأخرون على المتقدمين ، والبتاني لا يدعى هذا التجدد لنفسه بل إنه يعنى المتأخرين .. » (٢) ولعله كان يعنى بذلك الإشارة إلى الهند ، ولكن من المؤكد أن عمل البتاني كان أول خطوة عربية جريئة فى هذا المضمار للتخلص من ربة الأوتار الإغريقية وتحسين كبير لجيوب الهند . فالقيم الموجودة فى جداول الهند

(١) بعض علماء الهند أخذوا طول ا م = $٢٦\frac{1}{2}$.

(٢) تراث العرب العلمى ص ٢٤٤ .

نقسمها على $٢\frac{1}{2}$ لنحصل على قيم الجيوب الحديثة ، بينما لا تحتاج قيم البتاني إلا للقسمة على ٦٠ وذلك أمر سهل إذا أخذنا فى الاعتبار النظام الستينى الذى كانت تكتب به الأعداد فى ذلك الوقت (١) .

ومن الأعمال الأخرى فى الرياضه لإكمال تعريف الظل وظل التمام (تحت اسم الظل المعكوس والظل المستوى) وحسب جداول لظل التمام بزيادة درجة قوسية واحدة فى كل خطوة . وينسب إليه اكتشاف قانون جيب التمام فى المثلث الكروى (٢) ، كما بحث فى بعض المسائل التى تناولها اليونان بالطرق الهندسية ، فحاول الوصول إلى حل جبرى لها .

ومن بين المؤلفات الهامة للبتاني نجد (٣) :

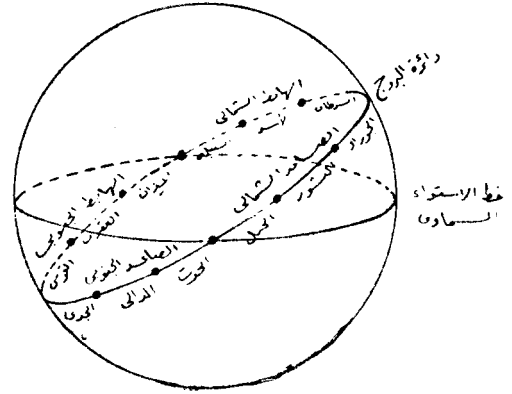
١ - « كتاب معرفة مطالع البروج فيما بين أربع الفلك » وهو يتناول البحث عن النقطة الموجودة على خط الإستواء السماوى والى تشرق فى نفس اللحظة مع نقطة معينة على دائرة البروج . وقد حسبت جداول خاصة (إعتماداً على بعض نظريات حساب المثلثات الكروية) تعطى المطلوب لأى نقطة على فلك البروج فى أجزائه الأربعة الصاعد الشمالى ويحتوى على الحمل والثور والجوزاء ، والهابط الشمالى ويحتوى

(١) كان النظام الستينى شائعاً قبل استخدام النظام العشرى
صفر ١٥ ٢٦ ١٨ هو فى الحقيقة صفر + $\frac{١٥}{٦٠}$ + $\frac{٢٦}{٣٦٠}$ + $\frac{١٨}{٣٦٠}$ والضرب أو القسمة على ٦٠ أمر سهل من هذه الناحية الحسابية
إذ نحصل على ١٥ + $\frac{٢٦}{٦٠}$ + $\frac{١٨}{٣٦٠}$ فى الحالة الأولى ، صفر + $\frac{١٥}{٣٦٠}$ + $\frac{٢٦}{٣٦٠}$ + $\frac{١٨}{٣٦٠}$ فى الحالة الثانية .

(٢) المثلث الكروى هو مثلث مرسوم على كرة بحيث تكون أضلاعه هى أقواس من دوائر عظمى ، أما طول الضلع فيعبر عنه بقيمة الزاوية المقابلة له عند مركز الكرة .

(٣) انظر : تراث العرب العلمى ص ٢٤٦ ، الفهرست لابن النديم ص ٣٩٠ ، دائرة المعارف الإسلامية ، وفيات الأعيان لابن خلكان مجلد ٢ ص ٨٠ .

على السرطان والأسد والسنبلة والمهبط الجنوبي ويحتوى على الميزان والعقرب والقوس وأخيراً الربع الصاعد الجنوبي ويشمل الجدى والدالى والحوت .



الزيج الصابى

يشتمل «الزيج الصابى» على سبعة وخمسين باباً تتناول أوتار الدائرة والقوانين الفلكية بطريقة يغلب عليها الإيجاز دون الدخول فى تفاصيل إثباتها تاركاً للقارئ مهمة التأكد من صحة هذه القوانين من المراجع الأخرى، وإن كان قد ساق بعض الأمثلة على أرصاده ونتائجها بالإضافة إلى أرصاد الآخرين - وعلى الأخص بطليموس وإبرخس - عند التعرض للقوانين المتعلقة بالأرصاد .

وباستثناء الأبواب الثلاثة الأولى (المقدمة ، طريقة العمليات الحسابية فى النظام الستينى ، أوتار الدائرة) نجد أن الأبواب الأربعة عشر الأولى مخصصة للكرة السماوية ودوائرها . وأهم هذه الأبواب هو الرابع ، الذى يبحث فيه مقدار ميل فلك البروج عن فلك معدل النهار أى الميل الأعظم وكانت القيمة التى وصل إليها من أرصاده (٣٥° ٢٣') صحيحة فى حدود دقيقة واحدة وقد جمع البيرونى فى المقالة الرابعة من «القانون المسعودى» نتائج من سبقوه ، ومنها يتضح لنا أن البتانى هو أول من حصل على هذه القيمة لزاوية الميل الأعظم ثم اتفق معه فى ذلك ثلاثة من العلماء جاءوا بعده وهم عبد الرحمن الصوفى (ولد عام ٢٩٠ هـ وتوفى ٣٧٦ هـ) وأبو الوفاء البوزجاني (ولد عام ٣٢٨ هـ وتوفى ٣٨٨ هـ) وأبو حامد الصاغاني (توفى عام ٣٨٠ هـ) ، بينما خالفهم باقى العلماء فى نتائجهم . ولهذا السبب قام البيرونى برصدها عدة مرات وكانت النتيجة مؤيدة لقيمة البتانى .

وبلى ذلك ثلاثة أبواب فى قياس الزمن برصد ارتفاع الشمس وبالعكس ، ثم تسعة أبواب تبحث فى موضوع الكواكب الثابتة (النجوم) سواء لقياس الزمن باستخدامها أو معرفة أوضاعها بالنسبة للدوائر السماوية أما الباب السابع والعشرون فيجدر الإشارة إليه ، إذ يتناول طول السنة الشمسية عن طريق الرصد . وفى

٢- «رسالة فى مقدار الإتصالات» .

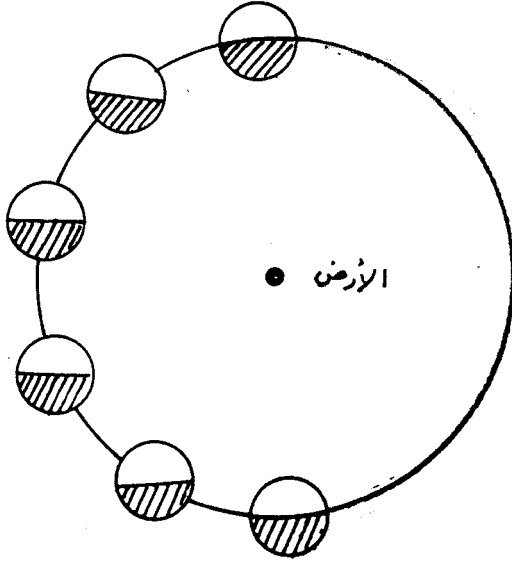
٣- «رسالة فى تحقيق أقدار الإتصالات» .

وقد تناول فى هاتين الرسالتين موضوع اتفاق كوكبين فى خط الطول أو فى خط العرض السماوى ، سواء أكانا على فلك البروج أو كان أحدهما أو كلاهما خارج هذه الدائرة .

٤- «شرح أربع مقالات لبطليموس» وتلك أربع مقالات وضعها بطليموس كذيل لكتابه «المحسطى» تناول فيها مسائل التنجيم وتأثير النجوم على الحوادث الدنيوية .

٥- «كتاب تعديل الكواكب» يبحث فيه الفرق بين حركات الكواكب فى مساراتها بغرض أنها منتظمة وثابتة المقدار وبين حركاتها الحقيقية التى تختلف من موضع إلى آخر فى المدار .

أما أهم مؤلفاته جميعاً فهو «الزيج الصابى» الذى كان أول زيج يحتوى على معلومات صحيحة دقيقة ، وأرصاد كان لها أثر كبير فى علم الفلك خلال العصور الوسطى عند العرب وأوائل عصر النهضة فى أوروبا .



درجات على مسار الأرض حول الشمس ، وهو يقطع هذا المدار في حوالى $27\frac{1}{2}$ يوم ومعنى ذلك أنه يقطع كل يوم حوالى ١٣ درجة . وقد اختار العرب أيام الجاهلية ثمانى وعشرين مجموعة من النجوم قريبة من مسار القمر لتكون لهم دليلاً على موضعه خلال دورته ، وأطلقوا عليها اسم منازل ^(١) بمعنى أن القمر ينزل في كل منها يوماً بليلاً تقريباً . وفى أوائل القرن الثالث للهجرة وصلت بعض كتب الهند إلى المنجمين العرب ، فساروا على منوالها باعتبار منازل القمر سبعة وعشرين فقط واستمروا فى إطلاق نفس الأسماء العربية عليها مع إلغاء منزلة الزباني وإدماج نجومها فى منزلة الإكليل . وهناك فرق ثان بين المنازل العربية القديمة وبين منازل الهند ،

(١) الشرطان ، البطين ، الثريا ، الدبران ، الهقعة ، الهنعة ، الذراع ، النثرة ، الطوف ، الجبهة ، الزبرة ، الصرفة ، العواء ، السماك الأعزل ، الغفر ، الزباني ، الإكليل ، القلب ، الشولة ، النعام ، البلدة ، سعد الذابح ، سعد بلع ، سعد السعود ، سعد الأخبية ، الفرغ الأول ، الفرغ الثانى ، الرشاد .

ذلك يذكر البتاني أن العلماء اختلفوا فى مقدار طول السنة ، فذكر بعضهم أن قدماء أهل مصر وبابل وجدوه ٣٦٥ يوماً ، ٦ ساعات ، ١٢ دقيقة ، ثم جاء إبرخس فاعتبرها ٣٦٥ يوماً . ثم جاء بطليموس فاتخذ الفترة بينه وبين إبرخس (حوالى ثلاثمائة عام) أساساً لإيجاد قيمة دقيقة لطول السنة الشمسية بتعيين اللحظة التى تحل فيها الشمس عند نقطة معينة من المسار (ولتكن نقطة الاعتدال) ثم حساب الزمن بينها وبين اللحظة التى حلت فيها عند نفس النقطة أيام إبرخس ، فيكون ذلك الزمن مساوياً لعدد كامل من السنن الشمسية ومنه ينتج طول السنة . وكلما ازدادت الفترة بين الرصدتين قل الخطأ الناتج عن الرصد لقسمته على عدد كبير من السنن ، وقد وجد بطليموس طول السنة ٣٦٥ يوماً ، ٥ ساعات ، ٤٧ دقيقة ، ٣٠ ثانية . واتبع البتاني نفس الطريقة بينه وبين بطليموس (حوالى سبعمائة وخمسين عاماً) فوجد القيمة ٣٦٥ يوماً ، ٦ ساعات ، ١٤ دقيقة ، ٢٦ ثانية بخطأ قدره ٢ دقيقة ، ٢٢ ثانية .

ثم بحث الاختلاف فى حركة الشمس وعدم انتظام سرعتها بين يوم وآخر على مدار السنة فى البابين التاليين ويعترف (بول) بأنه وفق فى بحثه عن حركة الشمس توفيقاً عجبياً ^(١) . وخصص الباب الثلاثين لحركات القمر والكسوف والخسوف وبعد الشمس والقمر عن الأرض ، واختتمه بشرح أسباب أوجه القمر مع شكل مبسط يوضح تماماً ما يرمى إليه .

وخصص البتاني الباب الحادى والثلاثين للكواكب ومساراتها ، ويلي ذلك أربعة أبواب للتقاويم المختلفة عند العرب والروم والفرس والقطب : وفى الباب السادس والثلاثين نجد إشارة إلى منازل القمر ، وهنا ينبغى أن نقف برهة لنناقش طريقته فى تقسيم هذه المنازل . فالمعروف أن مسار القمر يميل حوالى خمس

(١) تراث العرب العلمى ص ٢٤٧ .

فالعرب قاموا بتقسيمهم بناء على مشاهدة القمر ليلة بعد أخرى ولذا جاءت منازلهم غير متساوية ، أما الهند فبعد أن تطورت العلوم الهندسية والفلكية في بلادهم وعرفوا الدوائر السماوية ومسار القمر فقد استخدموا منازل متساوية عددها سبع وعشرون . فلما بدأ العرب في تلقي علوم الهند تنازلوا عن إحدى منازلهم القديمة — كما ذكرنا — وأدجوها مع منزلة الإكليل . أما البتاني في زيجه فقد جمع بين رأى عرب الجاهلية وطريقة الهند ، فكان عمله تطويراً للمنازل العربية القديمة وليس محاكاة للهند دون ترو أو تفكير . فقد تبين أنه قسم مسار القمر الشهري إلى ثمان وعشرين منزلة كما فعل عرب الجاهلية ، ولكنه استخدم فيها الأصول الهندسية والفلكية بمراعاة التساوى بينها كمبدأ الهند^(١) .

وتشتمل الأبواب السبعة التالية على دراسات لمسار القمر ونقطتي تقاطعه مع مسار الأرض وميله عليه ورؤية الهلال والخسوف . وكان البتاني — بشهادة البيروني في المقالة الثامنة من القانون المسعودي — مدققاً في بحثه إمكان رؤية الهلال ، فأخذ في الاعتبار المسافة بين القمر والشمس لأن نور الهلال ينناقص بزيادة هذه المسافة وعلى مقدار نور الهلال تتوقف ظروف الرؤية . أما الباب الرابع والأربعون فبحث فيه خسوف الشمس وأحواله واستخراج ذلك باستعمال الحسابات أو بالجدول . وبلى ذلك أربعة أبواب لكواكب المجموعة الشمسية المعروفة حينئذ ، مواضعها وحركاتها ومساراتها .

ومن أهم الأبواب في الزيج الصابئ ، نجد الباب الحادى والخمسين الذى يحتوى على أرصاد النجوم التى قام بها البتاني . وإذا كان المؤرخون قد اختلفوا في تحديد السنة المنسوب إليها تلك الأرصاد ومواقع

(١) انظر نلينو — علم الفلك ، تاريخه عند العرب ص ١١٨ .

النجوم المثبتة في جداوله^(١) ، فانهم أجمعوا على أنها أدق مواقع رصدت حتى أيام البتاني . ومن النتائج الكبرى التى أدت إليها أرصاده ، أنه وجد مواقع النجوم في الطول قد تغيرت عما كانت عليه أيام بطليموس بمقدار ٥٠° ١١' ، ولما كانت الفترة بينهما حوالى ٧٨٠ سنة فإن التغير يجري بمعدل قدره درجة واحدة كل ٦٦ كل سنة أى ٥٤ ١/٢ ثانية كل سنة في حين أثبتت الأرصاد الحديثة أن هناك تغيراً بمقدار ٥٠.٢ ثانية كل سنة !! أما البابان الأخيران من الزيج فقد خصصهما لوصف الآلات الفلكية وطريقة صنعها . وقد ناقش في الباب الأخير منها أنواع الأخطاء التى تقع بين علماء الفلك في أرصادهم وقسمها إلى نوعين : شخصية وآلية . فالخطأ الشخصى ، ما يقع من العالم سواء دون قصد أو عن قلة دراية بينما الخطأ الآلى مرجعه إلى خلل في آلة الرصد نفسها أو في طريقة تقسيمات مقياسها . وخرج من المناقشة بتحديد طرق التغلب على هذه الأخطاء وتقليل أثرها في النتائج الفلكية الرئيسية . فأولا لا يجب الاعتماد على نتائج عالم واحد ، فإذا ما كان المطلوب يعتمد على رصدت عالمن بينهما فترة من الزمن فيحسن أن تكون تلك الفترة أطول ما يمكن حتى إذا ما أخطأ أحدهما كانت قسمة الخطأ على عدد السنين أقل ما يمكن وبالنسبة للآلات نفسها ، نادى بتطويرها وزيادة وقتها وعدم الركون إلى آلة واحدة في جميع الأرصاد . وهو يقول في هذا الشأن :

« أما ما كان الوقوف عليه بالقياسات والأرصاد والخن والاعتبارات ، فقد يمكن أن يستدرك فيه الزيادة والنقصان . فما كان منه من قبل الوقوف على حقيقة الشيء بعينها والتقصير عن ذلك ، فانه إذا قسم على الزمان الطويل قل ذلك الذى يعرض فيه وإن كان

(١) يقول قدرى طوقان بان البتاني أثبت النجوم لسنة ٢٩٩ هـ

(٩١١ - ١٢ م) بينما يذكر سارتون بأن ذلك كان عام ٢٦٧ هـ

(٨٨٠ - ٨١ م) وليس عام ٢٩٩ هـ .

وتعديلها ثم وضع كتاباً اختصر فيه هذه التعديلات ،
بينما نجد أن أبا الحسن علي بن عمر المراكشي من علماء
المغرب في منتصف القرن الثالث عشر للميلاد قد ألف
مرجعاً من أهم المراجع في علم الفلك « كتاب جامع
المبادئ والغايات في علم الميقات » اعتمد في بعض
نواحيه على مؤلف البتاني .

وقد ترجم الزيج الصائبي إلى اللاتينية في القرن الثاني
عشر للميلاد ، وقام بترجمته عالمان هما روبرت
تشستر (فقدت هذه الترجمة) وبلاتو تيفوك^(١) ، وقد
طبعت ترجمة هذا الأخير في نورمبرج عام ١٥٣٧ م .
وبعد حوالي قرن ، أمر الفونسو العاشر صاحب قشتالة
بترجمة هذا الزيج من العربية إلى الإسبانية ، ولهذا
الترجمة مخطوط غير كامل في باريس^(٢) .

وقد وجد (ريجيو مونتانيوس) نسخة من ترجمة
هذا الكتاب في مكتبة الفاتيكان وقابلها على نسخة
عربية فأصلح ما فيها من أغلاط ، ثم طبعت الترجمة
في بولندا عام ١٦٤٥ - ٤٦ م مع تعليقات على بعض
النواحي العلمية . ويقال إن (هاليه) رأى أن الطبعة
الثانية لا تحتاج إلى تنقيح أو تصحيح ، إلا أنه لم يتمكن
من العثور على النسخة العربية الأصلية ، وقد تكون في
مكتبة الفاتيكان نسخة عربية من هذا الزيج^(٣) .

وقد نشر كارلو نلينو طبعة للأصل العربي منقولا
عن النسخة المحفوظة بمكتبة بادا الإسكوريال من بلاد
الأندلس في ثلاثة مجلدات بروما ١٨٩٩ - ١٩٠٧ م ،
مصحوبة بترجمة لاتينية وتعليق على بعض الموضوعات ،
وهو المطبوع الذي اعتمد عليه كاتب هذا المقال في
دراسة زيج البتاني .

محسوساً ، وما قسم على زمان قصير كثير وإن كان
قليلاً . وأما ما وقع الخطأ فيه من قبل الآلة في قسمتها
ونصها وتقويمها ، فانه إن امتحن بتلك الآلة بعينها
وهي على الحالة الأولى كان الخطأ واحداً في الوقتين ،
وإن كان الخطأ من قبل القسمة فقط قد يمكن أن يصحح
نصها وتقويمها إن يغير ويبقى الخطأ بحاله من قبل
القسمة . فاذا رصد بغيرها ظهر الاختلاف » .

ويحتوي الكتاب - فيما عدا ذلك - على جداول
لتاريخ الملوك والخلفاء ، وجداول لأطوال وعروض
البلدان تحتوي على ٩٤ بلداً مأخوذة عن كتاب « صورة
الأرض » للخوارزمي^(١) . ومن الجداول الأخرى تلك
المحتوية على أسماء النجوم ومواضعها في السماء ومقدار
لمعانها ، ثم جمع النجوم الالامعة الشهيرة في جداول منفصلة .

وللزيج الصائبي - كما ذكرنا - أثر كبير في تقدم
علم الفلك والرياضيات ، سواء خلال فترة النهضة
العربية أو عند بداية النهضة الأوروبية . فقد اعتمد عليه
كثير من علماء العرب في حساباتهم ، كما قام بعضهم
باقتباس بعض محتوياته أو تفسيرها . فنجد مثلاً بين
مؤلفات البيروني « كتاب جلاء الأذهان في زيج
البتاني » ، بينما يشير في كتابه « تحديد نهايات الأماكن
لتصحيح مسافات المساكن » إلى أن أبا محمود حامد بن
الحضر الخجندی المتوفى عام ٣٩٠ هـ (١٠٠٠ م)
كان يعتمد على زيج البتاني في حساباته^(٢) وفي موضع
آخر من نفس الكتاب^(٣) يذكر البيروني أن حسابات
أهل خراسان كانت من زيج البتاني الموضوع على
الرقعة . أما أبو القاسم مسلمة بن أحمد الخريطي عالم
الأندلس المتوفى عام ٣٩٧ هـ (١٠٠٧ م) فقد أخذ
جزءاً من زيج البتاني وهو الخاص بحركات الكواكب

(١) Introduction to the History of Science, (١)
G. Sarton, Vol I, p. 603.

History of Mathematics, Smith, Vol. I, p. 201

(٢) دائرة المعارف الإسلامية مادة « البتاني سارتون » المدخل
إلى تاريخ العلم مجلد ١ ص ٦٠٣ .

(٣) تراث العرب العلمي ص ٢٤٧ .

(١) محمد بن موسى الخوارزمي المتوفى بعد عام ٢٣٢ هـ .

(٢) طبعة معهد المخطوطات بجامعة الدول العربية - تحقيق

الدكتور ب . يولجاكوف ومراجعة كاتب المقال . ص ١٠٣ .

(٣) ص ٢٩١ .

وقد بنى البتاني زيجيه على الأرصاد التي أجراها بنفسه في بلدتي الرقة بالعراق وأنطاكية بسوريا ، وعلى كتاب (الزيج الممتحن) لأحمد بن عبد الله حبشي الحاسب من فلكيي المأمون ، وعلى ترجمة كتاب (المحسطي) لبطليموس من السريانية (وليس من اليونانية) إلى العربية^(١).

ولا شك أن خير ما نختم به هذا المقال ، فقرتان نقتبسهما من الزيج الصابي ، تعطيان فكرة عامة عما في هذا العمل الجليل إلى جانب رأى البتاني نفسه في الشروط الواجب توافرها في علماء الفلك ، وضرورة تجديد البحث والمثابرة على الأرصاد وتدقيقها . فنجده يقول في أحد المواضع^(٢) :

« وأن الذي يكون فيها من تقصير الإنسان في طبيعته عن بلوغ حقائق الأشياء في الأفعال كما يبلغها في القوة ، يكون يسيراً غير محسوس عند الإجهاد والتحرز ولا سيما في المدد الطوال . وقد يعين الطبع ، وتسعد الهمة ، وصدق النظر ، وإعمال الفكر ، والصبر على الأشياء وإن عسر إدراكها . وقد يعوق عن كثير من ذلك ، قلة الصبر ، ومحبة الفخر ، والخطوة عند ملوك الناس بادراك ما لا يمكن إدراكه على الحقيقة في سرعة ، أو إدراك ما ليس في طبيعته أن يدركه أحد » . وفي صدر الكتاب يقول :

« إن من أشرف العلوم منزلة ، وأسناها مرتبة ، وأحسنها حلية ، وأعلقها بالقلوب ، وألعبها بالنفوس ، وأشدّها تحديداً للفكر والنظر وتدكية للفهم ، ورياضة للعقل بعد العلم بما لا يسع الإنسان جهله من شرائع الدين وسنته ، علم صناعة النجوم لما في ذلك من جسم الحظ وعظيم الانتفاع بمعرفة مدة السنين والشهور والمواقيت ، وفصول الأزمان وزيادة النهار والليل ونقصانها ، ومواضع النيرين وكسوفهما ، ومسير الكواكب في

استقامتها ورجوعها وتبدل أشكالها ومراتب أفلاكها وسائر مناسباتها ، إلى ما يدرك بذلك من أنعم النظر وأدام الفكر فيه من إثبات التوحيد ، ومعرفة كنه عظمة الخالق وسعة حكمته ، وجليل قدرته ولطيف صنعه وإني لما أطلت النظر في هذا العلم ، ووقفت مع اختلاف الكتب الموضوعة لحركات النجوم ، وما تها على بعض واضعها من الخلل في ما أوصلوه فيها من الأعمال ، وما ابتنوه عليها ، وما اجتمع أيضاً في حركات النجوم على طول الزمان لما قيست أرصادها إلى الأرصاد القديمة ، وما وجد في ميل فلك البروج على فلك معدل النهار من التقارب ، وما تغير بتغيره من أصناف الحساب ، وأقدار أزمان السنين وأوقات الفصول ، واتصالات النيرين التي يستدل عليها بأزمان الكسوفات وأوقاتها ، أجريت في تصحيح ذلك وإحكامه على مذهب (بطليموس) في الكتاب المعروف (بالمحسطي) ، بعد إنعام النظر وطول الفكر والروية ، مقتفياً أثره متبعاً ما رسمه ، إذ كان قد تقصى ذلك من وجوه ودل على العلل والأسباب العارضة فيه ، كالبرهان الهندسي العددي ، الذي لا تدفع صحته ولا يشاك في حقيقته وذكر أنه قد يجوز أن يستدرك عليه في أرصاده على طول الزمان ، كما استدرك هو على (إبرخس) وغيره من نظرائه ووضعت في ذلك كتاباً أوضحت فيه ما استعجم ، وفتحت ما استغلق ، وبيّنت ما أشكل من أصول هذا العلم ، وشذ من فروعه ، وسهلت به سبيل الهداية لمن يأثر به ويعمل عليه في صناعة النجوم ، وصححت فيه حركات الكواكب ومواضعها من منطقة فلك البروج على نحو ما وجدتها بالرصد وحساب الكسوفين وسائر ما يحتاج إليه من الأعمال ، وأضفت إلى ذلك غيره مما يحتاج إليه ، وجعلت استخراج حركات الكواكب فيه من الجداول لوقت انتصاف النهار من اليوم الذي بحسب فيه بمدينة الرقة ، وبها كان الرصد والامتحان على تخديق ذلك كله إن شاء الله تعالى وبالله التوفيق » .

(١) علم الفلك ، تاريخه عند العرب ص ٢٢٥ .

(٢) ترجمة كارولونينو للزيج الصابي المنشور بروما عام ١٨٩٩ م - المجلد الثالث ص ٢٠٩ .